

УДК 620.172.242

**Р. Р. Валиев<sup>1,2\*</sup>, Ю. М. Модина<sup>1</sup>, Я. Н. Савина<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

\**Rovaliev@gmail.com*

## МЕХАНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА С ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫМ ЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ

В настоящей работе представлены недавние результаты механических испытаний образцов титановых сплавов ВТ6 и ВТ8М-1 в крупнозернистом и ультрамелкозернистом состояниях с напыленным на их поверхность вакуумно-плазменным покрытием V+ (Ti + V)N. Показано положительное влияние нанесенного покрытия на механическое поведение цилиндрических образцов на растяжение при комнатной и повышенных температурах.

*Ключевые слова:* титановый сплав, ультрамелкозернистая структура, интенсивная пластическая деформация, вакуумно-плазменные покрытия, механические испытания.

**R. R. Valiev, Iu. M. Modina, Ya. N. Savina**

## MECHANICAL BEHAVIOR OF THE ULTRAFINE GRAIN TITANIUM ALLOY WITH VACUUM-PLASMA PROTECTIVE COATING

This work presents the recent results of mechanical tests of VT6 and VT8M-1 titanium alloy samples in coarse and ultrafine grained states with a V + (Ti + V)N vacuum-plasma coating sprayed onto their surface. The effect of the applied coating on the mechanical behavior of cylindrical samples on tensile strength at room and elevated temperatures is shown.

*Key words:* Titanium alloy, ultrafine-grained structure, severe plastic deformation, vacuum-plasma coatings, mechanical tests.

Развитие современных отраслей машиностроения предъявляет все более высокие требования к качеству и эксплуатационным свойствам конструкционных материалов и изделий, при этом во многих случаях весьма важным является сочетание различных свойств, например, при малом удельном весе высокой механической и усталостной прочности, коррозионной и эрозионной стойкости, термостабильности. Это актуально для титановых сплавов, применяемых для изготовления таких ответственных изделий как лопатки газотурбинного двигателя, работающих в экстремально сложных условиях термических, циклических нагрузок в агрессивной среде [1]. Исследования последних двух десятилетий показали, что эффективным способом повышения физико-механических свойств промышленных металлов и сплавов является создание в них ультрамелкозернистой (УМЗ) структуры с использованием методов интенсивной пластической деформации (ИПД) [2; 3; 4].

В настоящей работе исследовали механическое поведение на растяжение титановых сплавов ВТ6 и ВТ8М1 в крупнозернистом и ультрамелкозернистом состояниях с напыленным на их поверхность защитным вакуумно-плазменным покрытием при комнатной и повышенной температурах. Обнаружено положительное влияние покрытия на прочность УМЗ сплава как при комнатной, так и при повышенной температурах. По-видимому, дополнительное упрочнение УМЗ образцов с покрытием, нанесенным вакуумно-плазменным методом, обусловлено формированием так называемого «барьерного эффекта» более прочного приповерхностного слоя в процессе пластической деформации [5]. Барьерный эффект проявляется в процессе статического или циклического деформирования, который приводит к перераспределению нагрузки между поверхностными и внутренними объемами металла и, как следствие, к изменению механических свойств.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке  
Российского научного фонда (грант № 19–79–10108).*

*Механические испытания на растяжение выполнены  
с использованием оборудования центра коллективного пользования  
«Нанотех», Уфимский государственный авиационный  
технический университет.*

## Литература

1. Вишняков М. А. Повышение эксплуатационных характеристик крупногабаритных деталей ГТД. Самара : Самарский научный центр РАН, 2003. 107 с.
2. Valiev R. Z., Zhilyaev A. P., Langdon T. G. Bulk Nanostructured Materials: Fundamentals and Applications // by John Wiley & Sons, Inc. 2014. P. 456.
3. Валиев Р. З., Александров И. В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М. : Логос, 2000. 272 с.
4. Семенова И. П., Рааб Г. И., Валиев Р.З. Наноструктурные титановые сплавы: новые разработки и перспективы применения // Российские Нанотехнологии. 2014. Т. 9, № 5–6. С. 84–95.
5. Enhanced strength and scratch resistance of ultra-fine grained Ti64 alloy with (Ti + V)N coating / I. P. Semenova, R. R. Valiev, K. S. Selivanov [et al.] // Rev. Adv. Mater. Sci. 2017. Т. 48. P. 62–70.